

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-324106

(43)Date of publication of application : 14.11.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/324
H01L 21/22
H01L 21/31
H01L 21/68

(21)Application number : 2003-052863

(71)Applicant : HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC

(22)Date of filing : 28.02.2003

(72)Inventor : NAKAJIMA SADAO
SHIMADA TOMOHARU
ISHIGURO KENICHI

(30)Priority

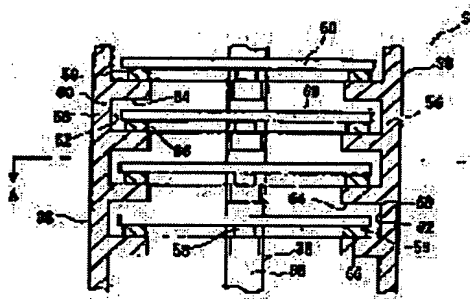
Priority number : 2002055574 Priority date : 01.03.2002 Priority country : JP

(54) HEAT-TREATMENT APPARATUS, MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD OF SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat-treatment apparatus, the manufacturing method of a semiconductor device, and the manufacturing method of a substrate wherein conventional problems are solved, and the generation of flaws of the substrate during heat treatment is reduced, and further, generations of the slip line and bend of the substrate are suppressed, thus manufacturing the high-quality semi conductor device or substrate.

SOLUTION: A substrate holder 30 has a plurality of pole braces 38. Each pole brace 38 comprises a body 56 and a contact 58 contacted with each substrate 68. Each substrate 68 comprises a silicon wafer or a quartz substrate. A constituent constituting the body 56 is silicon carbide, silicon, or quartz. A constituent constituting the contact is glass-like carbon, graphite, or a substance having hardness lower than that of the glass-like carbon whose surface is coated with the glass-like carbon, and the hardness of the contact is made lower than the substrate. Therefore, stress generated by the collision of the substrate 68 with the contact 58 is so relaxed as to make preventable the generation of the flaw of the substrate.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

Best Available Copy

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the thermal treatment equipment which said substrate base material has the body section and the contact section in contact with said substrate, and the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite, and is characterized by for said contact section front face to be the quality of the material from which said body section front face differs in the heat treatment equipment which heat-treats one sheet or two or more substrates in the condition of having supported to the substrate base material.

[Claim 2] It is the thermal treatment equipment characterized by said contact section covering the front face of the matter with a degree of hardness smaller than the structure of said contact section front face with the structure on said front face of a supporter in a thermal treatment equipment according to claim 1.

[Claim 3] It has the step which carries in a substrate to the processing interior of a room, the body section, and the contact section in contact with a substrate. The step to which the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite, and said contact section front face supports one sheet or two or more substrates to the substrate base material which is the quality of the material from which said body section front face differs, The manufacture approach of the semiconductor device characterized by the step which heat-treats one sheet or said two or more substrates in the condition of having supported to said substrate base material, and having a taking-out step for a substrate from said processing room in the processing interior of a room.

[Claim 4] It has the step which carries in a substrate to the processing interior of a room, the body section, and the contact section in contact with a substrate. The step to which the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite, and said contact section front face supports one sheet or two or more substrates to the substrate base material which is the quality of the material from which said body section front face differs, The manufacture approach of the substrate characterized by the step which heat-treats one sheet or said two or more substrates in the condition of having supported to said substrate base material, and having a taking-out step for a substrate from said processing room in the processing interior of a room.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of a semiconductor device of having the process which heat-treats a thermal treatment equipment, a semi-conductor wafer, a glass substrate for heat-treating a semi-conductor wafer, a glass substrate, etc., etc., and the manufacture approach of a substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, when heat-treating two or more silicon wafers or quartz substrates using a vertical mold heat treating furnace, substrate base materials (boat), such as a product made from silicon carbide or a product made from a quartz, are used.

[0003] In drawing 12, the conventional substrate base material 1 mentioned above is shown. The substrate 6 with which 3 or four stanchions 4 are formed between the up plate 2 and the lower plate 3, two or more formation of the groove supporter 5 is carried out to this stanchion 4, and the substrate base material 1 becomes this supporter 5 from a silicon wafer or a quartz substrate at it is supported.

[0004] In this case, when heat-treated at 1000-degree C or more-about temperature, the problem that a blemish occurred was in the substrate 6 in the supporter 5 neighborhood. Furthermore, in a silicon wafer, the slip line occurred and there was a problem that a silicon wafer will curve. Thus, generating of a blemish or a slip line degrades the display flatness of the rear face of a substrate 6. For these reasons, at the lithography process which is one of the important processes in an LSI production process or a LCD production process, the mask alignment gap (a focal gap or mask alignment gap by deformation) arose, and the problem that manufacture of LSI or LCD which has a request pattern was difficult had occurred.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The cause of the conventional problem is considered as follows. If the silicon wafer of a room temperature inserts the substrate base material arranged two or more sheets into the fission reactor heated to 600-degreeC-700-degreeC, in the silicon wafer supported by the substrate base material, a temperature gradient will be produced in the periphery and core in a silicon wafer, respectively (for example, refer to JP,5-6894,A). For this reason, a silicon wafer carries out elastic deformation. In this deformation process, a silicon wafer collides with the supporter 5 (refer to drawing 12) of the quartz which has a substrate base material made from silicon carbide with a large degree of hardness, or the degree of hardness which is same extent, or the substrate base material made from silicon, and a blemish generates it. In the blemish generating section of single crystal silicon, the yield stress for rearrangement generation declines remarkably (refer to crystal engineering and the 68th study group of the 145th committee of an evaluation technique (Sumino, p4)). For this reason, a rearrangement will occur from this blemish during a subsequent temperature up process or hot heat treatment, a slip line will grow further, and, finally a silicon wafer will curve. Moreover, also in a temperature up process, it generates and a blemish becomes the cause by which a silicon wafer curves in the same process, by subsequent heat treatment. Drawing 13 shows an example of the blemish 7 generated in the silicon wafer, and the slip line 8. In addition, 9 shows a notch.

[0006] Moreover, similarly, into the fission reactor heated to 600-degreeC-700-degreeC, if the substrate base material with which two or more quartz substrates have been arranged is inserted, a temperature gradient will be produced in the periphery and core in a silicon wafer, respectively, and, for this reason, a quartz substrate will carry out elastic deformation to the quartz substrate supported by the substrate base material. At this time, a quartz substrate collides with the supporter of the quartz which has a substrate base material made from silicon carbide with a large degree of hardness, or the degree of hardness which is same extent, or the substrate base material made from silicon, and a blemish generates it. Drawing 14 R> 4 shows an example of the blemish 7 generated in the quartz substrate.

[0007] This invention cancels the conventional trouble mentioned above, lessens blemish generating of the substrate generated during heat treatment, controls generating of the slip line of a substrate and aims at offering the manufacture approach of a thermal treatment equipment and a semiconductor device that it can control and have the curvature of a substrate and a quality semiconductor device or a quality substrate can be manufactured, and the manufacture approach of a substrate.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention persons observed about the blemish generated with the conventional thermal treatment equipment. Consequently, the blemish found out generating only within a silicon wafer or a quartz substrate, and having hardly generated in the supporter of the substrate base material made from silicon carbide. From this, it was presumed that that the degree of hardness of a substrate base material is large was the factor which a blemish generates with a silicon wafer or a quartz substrate compared with the degree of hardness of the silicon wafer which should be heat-treated, or a quartz substrate. Then, it is an ingredient smaller than the degree of hardness of a silicon wafer or a quartz substrate, and evaluated by thinking that a blemish will not occur in a silicon wafer or a quartz substrate if the ingredient which cannot cause contamination easily due to a silicon LSI production process or a quartz LCD production process is arranged between a silicon wafer or a quartz substrate, and a substrate base material.

[0009] As an ingredient with a small degree of hardness, there are some which covered the front face of the matter (for example, graphite) with a degree of hardness smaller than glassy carbon, a graphite, or glassy carbon with glassy carbon. As a result of having arranged these ingredients between a lithospermi radix wafer or a quartz substrate, and a substrate base material and heat-treating them with a vertical mold thermal treatment equipment, also in which ingredient, it checked that a blemish did not occur to the silicon wafer and the quartz substrate. Furthermore, it checked that there was no contamination of the heavy metal (iron, copper) from an ingredient with the above-mentioned small degree of hardness to the heat-treated body by heat-treating these ingredients and silicon wafers to coincidence beforehand (1200-degreeC, 1 hour, argon ambient atmosphere). Evaluation was carried out using the total reflection

fluorescence-X-rays measuring device.

[0010] This invention is made based on the assumption and actual proof which were mentioned above. In the heat treatment equipment heat-treated after the place by which it is characterized [of this invention / 1st] has supported one sheet or two or more substrates to the substrate base material namely, said substrate base material Having the body section and the contact section in contact with said substrate, the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite, and said body section front face has said contact section front face in the thermal treatment equipment which is the different quality of the material.

[0011] As for said contact section, it is desirable to cover the front face of the matter with a degree of hardness smaller than the structure of said contact section front face with the structure on said front face of a supporter. Here, as a substrate, if a silicon wafer or a quartz substrate is used, the degree-of-hardness relation of the ingredient which constitutes a substrate, the body section, and the contact section becomes as it is shown in Table 1.

[0012]

[Table 1]

材料	ビッカース硬度(kgf/mm ²)
炭化珪素	約2500
シリコン	1000~1050
石英	950~1000
ガラス状炭素	400~500
黒鉛	200~250
表面をガラス状炭素で被った黒鉛	約250

Here, a degree of hardness is Vickers hardness number, and JIS about a testing machine. By B7725, it is JIS about a measuring method. It is based on Z2244.

[0013] Thus, in this invention, since the ingredient with a degree of hardness with a degree of hardness smaller than a substrate was used as the structure of the contact section, the stress by the collision with a substrate and the contact section can be eased, and blemish generating of a substrate can be prevented. On the other hand, since the body section can be constituted from silicon carbide, silicon, or a quartz, it can maintain the reinforcement in elevated-temperature-izing. Moreover, the particle generated from a graphite can be prevented, if what covered the graphite front face for the structure which constitutes the contact section with glassy carbon is used, from the case where a glassy carbon simple substance is used, cost is cheap, and a degree of hardness is smaller than the case where it uses with a glassy carbon simple substance, and the degree of hardness near a graphite can be obtained.

[0014] In addition, since the whole front face of a substrate base material was coated with the ingredient with a degree of hardness smaller than a substrate or this invention constituted only the contact section from an ingredient with a small degree of hardness as compared with what uses the substrate base material itself as glassy carbon as indicated by JP,10-209064,A, it has the advantage which can be manufactured cheaply, as indicated by JP,6-5530,A.

[0015] The step at which the place by which it is characterized [of this invention / 2nd] carries in a substrate to the processing interior of a room, It has the body section and the contact section in contact with a substrate, and the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite. The step to which said contact section front face supports one sheet or two or more substrates to the substrate base material said whose body section front face is the different quality of the material, It is in the manufacture approach of a semiconductor device of having a taking-out step from said processing room in the processing interior of a room, about the step which heat-treats one sheet or said two or more substrates in the condition of having supported to said substrate base material, and a substrate.

[0016] This invention is applicable also to the manufacture approach of a substrate. Namely, the step at which the place by which it is characterized [of this invention / 3rd] carries in a substrate to the processing interior of a room, It has the body section and the contact section in contact with a substrate, and the structure of said contact section which constitutes a front face at least is either glassy carbon or a graphite. The step to which said contact section front face supports one sheet or two or more substrates to the substrate base material said whose body section front face is the different quality of the material, It is in the manufacture approach of a substrate of having a taking-out step from said processing room in the processing interior of a room, about the step which heat-treats one sheet or said two or more substrates in the condition of having supported to said substrate base material, and a substrate.

[0017]

[Embodiment of the Invention] Next, the operation gestalt of this invention is explained based on a drawing. The thermal treatment equipment 10 concerning the operation gestalt of this invention is shown in drawing 1. It is a vertical mold and this thermal treatment equipment 10 has the housing 12 with which the principal part has been arranged. The pod stage 14 is connected to this housing 12, and a pod 16 is conveyed on this pod stage 14. 25 substrates are contained, and a pod 16 is set to the pod stage 14 where the lid which is not illustrated is closed.

[0018] The pod transport device 18 is arranged in the location which counters in a housing 12 on the pod stage 14. Moreover, near this pod transport device 18, the pod shelf 20, the pod opener 22, and the substrate number-of-sheets detector 24 are arranged. The pod transport device 18 conveys a pod 16 between the pod stage 14, the pod shelf 20, and the pod opener 22. The substrate number of sheets in the pod 16 which the pod opener 22 opens the lid of a pod 16, and this lid was able to open is detected in the substrate number-of-sheets detector 24.

[0019] Furthermore, in the housing 12, the substrate transfer machine 26, the notch aligner 28, and the substrate base material 30 (boat) are arranged. It has the arm 32 which can take out five substrates, and the substrate transfer machine 26 conveys a substrate by moving this arm 32 for example, between the pod put on the location of the pod opener 22, the notch aligner 28, and the substrate base material 30. The notch aligner 28 detects the notch or cage hula formed in the substrate, and arranges the notch or cage hula of a substrate with a fixed location. The substrate base material 30 has the up plate 34 and the lower plate 36, between this up plate 34 and the lower plates 36 is connected by three stanchions 38, and it is constituted, and 75 substrates are supported and it is thrown into this

stanchion 38 in the fission reactor 40 mentioned later. In addition, as long as a stanchion 38 can support not only three but a substrate, the number of them may be what.

[0020] The fission reactor 40 is shown in drawing 2. This fission reactor 40 has a coil 42, and the substrate base material 30 is inserted into this coil 42. In order that the lower part of a coil 42 may insert the substrate base material 30, it is opened wide, and it is made to be sealed by this open part by the seal cap 44. Moreover, the perimeter of a coil 42 is covered by the liner tube 46, and the heater 48 is further arranged around the liner tube 46. A thermocouple 50 is arranged between a coil 42 and a liner tube 46, and can be made to carry out the monitor of the temperature in a fission reactor 40. And the introductory tubing 52 which introduces raw gas, and the exhaust pipe 54 which exhausts raw gas are connected to the coil 42.

[0021] Next, an operation of the thermal treatment equipment 10 constituted as mentioned above is explained. First, if the pod 16 which held two or more substrates in the pod stage 14 is set, a pod 16 is conveyed from the pod stage 14 to the pod shelf 20 by the pod transport device 18, and it stocks on this pod shelf 20. Next, the pod 16 stocked by this pod shelf 20 is conveyed and set to the pod opener 22 by the pod transport device 18, this pod opener 22 opens the lid of a pod 16, and the number of sheets of the substrate held in the pod 16 in the substrate number-of-sheets detector 24 is detected.

[0022] Next, with the substrate transfer machine 26, a substrate is taken out from the pod 16 in the location of the pod opener 22, and it transfers to the notch aligner 28. In this notch aligner 28, rotating a substrate, a notch is detected and two or more substrates are aligned in the same location based on the detected information. Next, with the substrate transfer machine 26, a substrate is taken out from the notch aligner 28 and it transfers to the substrate base material 30.

[0023] Thus, if the substrate for one batch is transferred to the substrate base material 30, the substrate base material 30 loaded with two or more substrates will be inserted in in the fission reactor 40 set, for example as 700-degree about C temperature, and the inside of a coil 42 will be sealed by the seal cap 44. Next, the temperature up of whenever [furnace temperature] is carried out to heat treatment temperature, and raw gas is introduced from the introductory tubing 52. Nitrogen, an argon, hydrogen, oxygen, etc. are contained in raw gas. A substrate is heated by 1000-degree C or more-about temperature in case a substrate is heat-treated. In addition, a substrate is heat-treated according to the temperature up and heat treatment program which were set up beforehand, carrying out the monitor of the temperature in a coil 42 with a thermocouple 50 in the meantime.

[0024] The unload of the substrate base material 30 is carried out from a fission reactor 40, and the substrate base material 30 is made to stand by in a predetermined location, after heat treatment of a substrate is completed, and lowering whenever [furnace temperature] to 700-degree about C temperature, for example until all the substrates supported by the substrate base material 30 get cold. In addition, according to a program, the temperature is lowered [whenever / furnace temperature] whenever [temperature fall / which was set up beforehand] also in the case of a temperature fall, carrying out the monitor of the temperature in a coil 42 with a thermocouple 50. Next, if the substrate of the substrate base material 30 made to stand by is cooled to predetermined temperature, with the substrate transfer machine 26, a substrate will be picked out from the substrate base material 30, and it will convey and hold in the pod 16 of the empty set to the pod opener 22. Next, by the pod transport device 18, the pod 16 in which the substrate was held is conveyed on the pod shelf 20, and it conveys and completes on the pod stage 14 further.

[0025] Next, the above-mentioned substrate base material is explained in full detail. In drawing 3 R> 3 thru/or drawing 5, the first example of the substrate base material 30 is shown. The substrate base material 30 has three stanchions 38, as mentioned above. These stanchions 38 consist of the body section 56 and the contact section 58 which contacts a substrate while supporting a substrate. The structure which constitutes the body section 56 is silicon carbide, silicon, or a quartz. A supporter 60 continues inside [longitudinal direction] a stanchion 38, and is formed in this body section 56. A supporter 60 consists of slots, has a back wall 62, an upper wall 64, and a low wall 66, and is arranged free [insertion of a substrate 68] at this supporter 60. However, the cross-section configuration of a supporter 60 may not be restricted to four square shapes, and may be a part of other polygons and circle or ellipse.

[0026] Furthermore, as shown in drawing 5, the installation slot 70 for laying the contact section 58 is formed in the low wall 66 of a supporter 60. The width of face of this installation slot 70 is formed more greatly than the width of face of the contact section 58 mentioned later, and a tooth space is provided between the installation slot 70 and the contact section 58. It enables it to have replaced the contact section 58 with adhesives etc. being put on this installation slot 70 through the contact section 58, and tooth-space-allowances being crosswise easily conjointly.

[0027] The body section 56 and a body section front face are the different quality of the materials, the contact section 58 is the quality of the material with a degree of hardness smaller than the degree of hardness of said substrate, and the structure which constitutes this contact section 58 covers the front face of the matter with a degree of hardness smaller than glassy carbon, a graphite, or glassy carbon with glassy carbon. A graphite is contained in the matter with a degree of hardness smaller than glassy carbon. This contact section 58 has prevented blemish generating of the substrate 68 by contact, when the angle of the upper part edge of this contact section 58 is rounded off and a substrate 68 is put on this contact section 58, while being fabricated so that it may be inserted in the installation slot 70 mentioned above.

[0028] In drawing 6 thru/or drawing 8, the second example about the substrate base material 30 is shown. In this second example, the contact section 58 is formed in horseshoe shape, and is supported by the three stanchion 38 whole. As shown in drawing 8, the installation slot 70 is formed in the edge of a supporter 60, and the periphery of the contact section 58 is laid in this installation slot 70. As for the periphery up corner of the contact section 58, the radius of circle is attached like the first example mentioned above. In addition, the contact section 58 serves as horseshoe shape, and the insertion slot 72 is formed for inserting TSUIZA prepared at the tip of an arm of the substrate transfer machine mentioned above into this insertion slot 72. In addition, about the same part as the first example, the same number is given to a drawing and explanation is omitted.

[0029] In drawing 9 thru/or drawing 11, the third example about the substrate base material 30 is shown. In this third example, the supporter 60 is formed so that a stanchion 38 may connect those with four, and these four stanchions 38. A low wall 66 is formed in horseshoe shape, five circular installation slots 70 separate predetermined spacing to this low wall 66, and this supporter 60 is formed in it. As shown in drawing 11, the cylinder-like contact section 58 is laid in this installation slot 70. As for the periphery up corner of the contact section 58, the radius of circle is attached like the first example mentioned above and the second example. In addition, the supporter 60 serves as horseshoe shape and the insertion slot 72 is formed for inserting TSUIZA prepared at the tip of an arm of the substrate transfer machine mentioned above into this insertion slot 72. In addition, about the same part as the first example and the second example, the same number is given to a drawing and explanation is omitted.

[0030]

[Example] Next, an example and the example of a comparison are explained. Using the substrate base material of the first example which an example 1 thru/or 3 mentioned above, the structure of the body section consists of silicon carbide, and the structure of the contact section consists of glassy carbon.

[0031]

[Example 1] 75 per processing were supported for the silicon wafer with a diameter of 300mm to the substrate base material, the argon

was used 100% as a controlled atmosphere, and it inserted in the fission reactor at the insertion rate for 100mm/. Whenever [tubing internal temperature / when inserting a substrate base material] was set to 700-degreeC. Then, the temperature up was performed from 700-degreeC to 1200-degreeC. In addition, 700-degreeC to 1000-degreeC carried out with the programming rate for 16-degreeC/, and 1000-degreeC to 1200-degreeC carried out the temperature up with the programming rate for 1.5-degreeC/. And by 1200-degreeC, it held for 1 hour and the temperature was lowered from 1200-degreeC to 700-degreeC after that. In addition, from 1200-degreeC to 1000-degreeC was lowered at the temperature fall rate for 1.5-degreeC/, and from 1000-degreeC to 700-degreeC was lowered at the temperature fall rate for 15-degreeC/. In two steps, it is because temperature does not change in a substrate side at homogeneity but it becomes the cause of slip generating a temperature up and to lower the temperature, when temperature is rapidly changed at an elevated temperature (the programming rate in an elevated temperature and a temperature fall rate are made small). The temperature when taking out a substrate base material from a fission reactor is 700-degreeC, and took out the substrate base material the rate for 100mm/. Then, as a result of observing under an optical differential microscope, there was no generating of a blemish in a silicon wafer, and there was also no generating of a slip line. Moreover, as a result of measuring the curvature of a silicon wafer with a curvature plan, the amount of curvatures is 10 micrometers or less, and the heat treatment front which set the amount of curvatures to 10 micrometers or less, and change were not seen. Measurement of curvature stood the silicon wafer perpendicularly to the optical axis of a laser beam, scanned the laser beam, and computed it from the light reflected from the silicon wafer as it generally carried out. N number is ten sheets.

[0032]

[Example 2] The same experiment as an example 1 was conducted by setting retention temperature in a fission reactor to 1080-degreeC. Namely, the controlled atmosphere at the time of a temperature up is the mixed gas of 99.5% of argon, and 0.5% of oxygen, and 700-degreeC to 1000-degreeC is a programming rate for 16-degreeC/. 1000-degreeC to 1080-degreeC carries out a temperature up with the programming rate for 1.5-degreeC/, and it holds by 1080-degreeC by using a controlled atmosphere as an argon 100% for 1 hour. A controlled atmosphere with 100% argon From 1080-degreeC to 1000-degreeC was lowered at the temperature fall rate for 1.5-degreeC/, from 1000-degreeC to 700-degreeC was lowered at the temperature fall rate for 15-degreeC/, and other conditions presupposed that it is the same as an example 1. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0033]

[Example 3] The same experiment as an example 1 and an example 2 was conducted by setting retention temperature in a fission reactor to 1000-degreeC. Namely, the controlled atmosphere at the time of a temperature up is the mixed gas of 99.5% of argon, and 0.5% of oxygen. 700-degreeC to 1000-degreeC carries out a temperature up with the programming rate for 16-degreeC/, and it holds by 1000-degreeC by using a controlled atmosphere as an argon 100% for 2 hours. A controlled atmosphere with 100% argon Lowering the temperature at the elevated-temperature rate for 15-degreeC/ from 1000-degreeC to 700-degreeC, other conditions presupposed that it is the same as an example 1. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0034] The main structure of the body section consists of silicon carbide using the substrate base material of the first example which the following example 4 thru/or 6 mentioned above, and the main structure of the contact section is the graphite with which the front face was covered with glassy carbon.

[0035]

[Example 4] The same heat treatment as an example 1 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0036]

[Example 5] The controlled atmosphere was used as the argon 100%, and also the same heat treatment as an example 2 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0037]

[Example 6] The controlled atmosphere was used as the argon 100%, and also the same heat treatment as an example 3 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0038] Using the substrate base material of the second example which the following example 7 thru/or 9 mentioned above, the structure of the body section consists of silicon carbide, and the main structure of the contact section consists of a graphite.

[0039]

[Example 7] The same heat treatment as an example 1 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0040]

[Example 8] The same heat treatment as an example 5 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0041]

[Example 9] The controlled atmosphere was used as nitrogen 100%, and also the same heat treatment as an example 3 was carried out. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0042]

[Example 10] Using the substrate base material of the second example mentioned above, the main structure of the body section was changed into silicon, and the example 1 thru/or the same experiment as 9 were conducted. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0043]

[Example 11] Using the substrate base material of the third example mentioned above, the structure of the body section was changed into the quartz and the same experiment as examples 2, 3, 5, 6, 8, and 9 was conducted. Consequently, there is no generating of a blemish in a silicon wafer, and generating of a slip line and increase of the amount of curvatures were not seen, either.

[0044]

[Example 12] It changed into the graphite and graphite to which the structure of the contact section was covered with glassy carbon, and it covered the front face with glassy carbon by the structure of the body section consisting of silicon carbide using the substrate base material of the first example mentioned above, respectively, and the same experiment as examples 2, 3, 5, 6, 8, and 9 was heat-treated to the quartz substrate. The thing with a diameter [of 300mm] and a thickness of 1.0mm was used for the quartz substrate. Generating of a blemish was not looked at by the quartz substrate as a result of observing under an optical differential microscope.

[0045]

[Example 13] To the example 12, the structure of the body section was changed into silicon and the same experiment as an example 12 was conducted. Consequently, generating of a blemish was not looked at by the quartz substrate.

[0046]

[Example 13] To the example 12, the main truss product of the body section was changed into the quartz, and the same experiment as an example 12 was conducted. Consequently, generating of a blemish was not looked at by the quartz substrate.

[0047]

[The example 1 of a comparison] Using the conventional substrate base material shown by drawing 12, the direct silicon wafer was supported to the substrate base material made from silicon carbide, and the same experiment as an example 1 was conducted. In the rear face of a silicon wafer, the blemish with the magnitude of 50-300 micrometers, a depth [of about 5 micrometers], and a height of about 10 micrometers occurred into three parts corresponding to a supporter. From those blemishes, many slip lines with a die length of about 4-30mm carried out actual generating (drawing 13). As for the amount of curvatures before heat treatment, after heat treatment had [the silicon wafer] about 60-90-micrometer curvature to 10 micrometers or less. N number is ten sheets.

[0048]

[The example 2 of a comparison] Using the conventional substrate base material shown by drawing 12, the direct silicon wafer was supported to the substrate base material made from silicon, and the same experiment as an example 2 was conducted. In the rear face of a silicon wafer, the blemish with a magnitude of 20-100 micrometers occurred into three parts corresponding to a supporter. From those blemishes, many slip lines with a die length of about 2-30mm carried out actual generating. As for the amount of curvatures before heat treatment, after heat treatment had [the silicon wafer] about 60-80-micrometer curvature to 10 micrometers or less.

[0049]

[The example 3 of a comparison] Using the conventional substrate base material shown by drawing 12, the direct quartz substrate was supported to the substrate base material made from a quartz, and the same experiment as an example 3 was conducted. The thing with a diameter [of 300mm] and a thickness of 1.0mm was used for the quartz substrate. In the rear face of a quartz substrate, the blemish with a magnitude of 100-200 micrometers occurred into three parts corresponding to a supporter (drawing 14). The maximum height of the blemish at this time was about 20 micrometers.

[0050] In addition, in said example, as a silicon wafer or a quartz substrate, although the thing with a diameter of 300mm was used, also when [with a small diameter] it is 200mm, for example, it is effective. Moreover, a diameter is effective also to the quartz or glass substrate of a 400 largemm or a large square. Moreover, in the above-mentioned example of a comparison, as a combination of the ingredient of a substrate base material and a substrate, although the substrate base material made from silicon, a quartz substrate, or the substrate base material and silicon wafer made from a quartz are not described, since the degree of hardness of silicon and the degree of hardness of a quartz are comparable, it is thought that a blemish occurs.

[0051] The thermal treatment equipment of this invention is applicable also to the production process of a substrate.

[0052] The example which applies the thermal treatment equipment of this invention to one process of the production process of the SIMOX (Separation by Implanted Oxygen) wafer which is a kind of a SOI (Silicon On Insulator) wafer is explained. [0053] The ion implantation of the oxygen ion is first carried out into a single crystal silicon wafer with ion implantation equipment etc. Then, the wafer with which oxygen ion was poured in is annealed at the elevated temperature more than the basis of Ar and O₂ ambient atmosphere, and 1300-1400-degreeC, for example, 1350-degreeC, using the thermal treatment equipment of the above-mentioned operation gestalt. The SIMOX (SiO two-layer was embedded) wafer with which SiO two-layer was formed in the interior of a wafer is produced by these processings.

[0054] Moreover, it is also possible to apply the thermal treatment equipment of this invention to one process of the production process of a hydrogen annealing wafer besides a SIMOX wafer. In this case, a wafer will be annealed in a hydrogen ambient atmosphere using the thermal treatment equipment of this invention at 1200-degree C or more-about elevated temperature. The crystal defect of the wafer surface layer from which IC (integrated circuit) is made by this can be reduced, and the integrity of a crystal can be raised.

[0055] Moreover, it is also possible to, apply the thermal treatment equipment of this invention to one process of the production process of an epitaxial wafer in addition to this.

[0056] Even if it is the case where elevated-temperature annealing treatment performed as one process of the production process of the above substrates is performed, generating of a slip of a substrate can be prevented by using the thermal treatment equipment of this invention.

[0057] The thermal treatment equipment of this invention can also be applied also to the production process of a semiconductor device. thermal oxidation processes, such as the heat treatment process especially performed at comparatively high temperature, for example, wet oxidation, dry oxidation, hydrogen-burning oxidization (pie ROJIE nick oxidization), and HCl oxidization, and boron (B) and Lynn -- it is desirable to apply impurities (dopant), such as (P), arsenic (As), and antimony (Sb), to the thermal diffusion process diffused in a semi-conductor thin film. When performing the heat treatment process as one process of the production process of such a semiconductor device, generating of a slip can be prevented by using the thermal treatment equipment of this invention.

[0058] As mentioned above, although this invention is characterized by the matter indicated to the claim, the still more nearly following operation gestalten are included.

(1) It is the thermal treatment equipment characterized by said contact section covering the front face of the matter with a degree of hardness smaller than glassy carbon with glassy carbon in a thermal treatment equipment according to claim 1.

(2) It is the thermal treatment equipment characterized by said contact section covering a graphite front face with glassy carbon in a thermal treatment equipment according to claim 1.

(3) It is the thermal treatment equipment characterized by the structure of said body section being silicon carbide, silicon, or a quartz in a thermal treatment equipment according to claim 1.

(4) It is the thermal treatment equipment characterized by preparing said contact section free [removal] from the body section in a thermal treatment equipment according to claim 1.

(5) It is the thermal treatment equipment characterized by being constituted and becoming so that said substrate base material may have a clearance for two or more substrates in the abbreviation level condition in a thermal treatment equipment according to claim 1 and it may support to two or more steps.

(6) It is the thermal treatment equipment characterized by performing heat treatment at the temperature more than 1000-degreeC in a thermal treatment equipment according to claim 1.

(7) It is the thermal treatment equipment characterized by performing heat treatment at the temperature more than 1350-degreeC in a thermal treatment equipment according to claim 1.

[0059]

[Effect of the Invention] As stated above, according to this invention, blemish generating of substrates, such as a silicon wafer generated during heat treatment or a quartz, can be lessened, generating of the slip line of a substrate can be controlled, it can control and have the curvature of a substrate, and a quality semiconductor device or a quality substrate can be offered.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view showing the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view showing the fission reactor used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the sectional view showing the first example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] The first example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention is shown, and it is the A-A line sectional view of drawing 3.

[Drawing 5] It is the expanded sectional view showing the first example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the second example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] The second example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention is shown, and it is the B-B line sectional view of drawing 6.

[Drawing 8] It is the expanded sectional view showing the second example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is the sectional view showing the third example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] The third example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention is shown, and it is the C-C line sectional view of drawing 9.

[Drawing 11] It is the expanded sectional view showing the third example of the substrate base material used for the thermal treatment equipment concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 12] It is the perspective view showing the conventional substrate base material.

[Drawing 13] It is the top view showing the silicon wafer processed with the conventional thermal treatment equipment.

[Drawing 14] It is the top view showing the quartz substrate processed with the conventional thermal treatment equipment.

10 Thermal Treatment Equipment

30 Substrate Base Material

38 Stanchion

56 Body Section

58 Contact Section

60 Supporter

68 Substrate

[Translation done.]

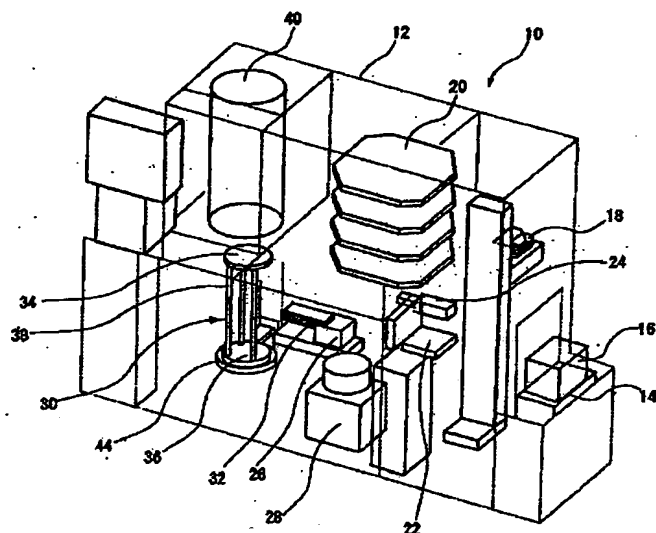
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

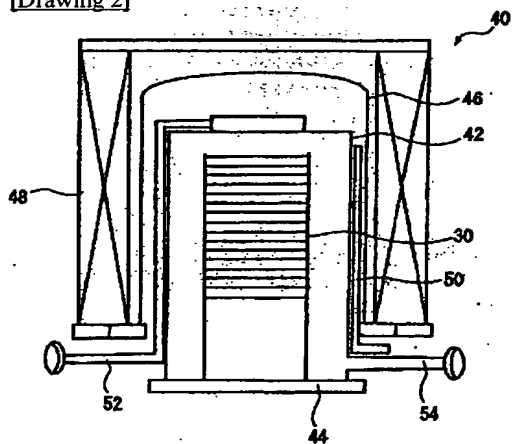
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

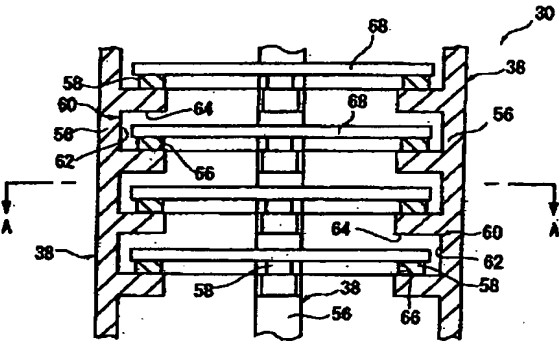
[Drawing 1]



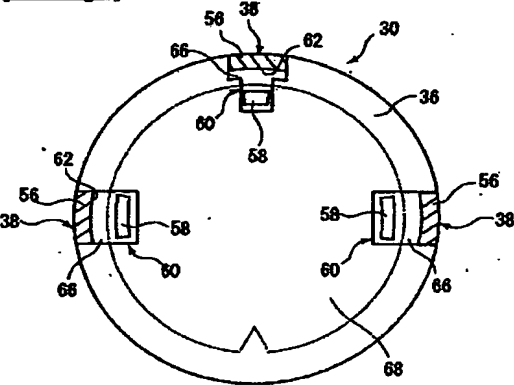
[Drawing 2]



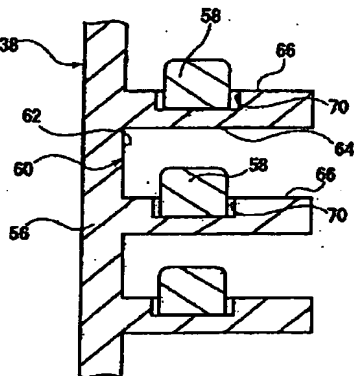
[Drawing 3]



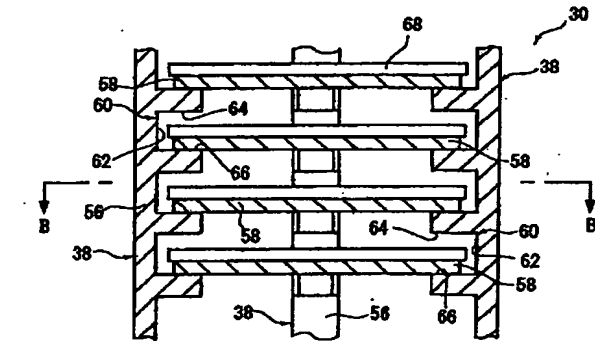
[Drawing 4]



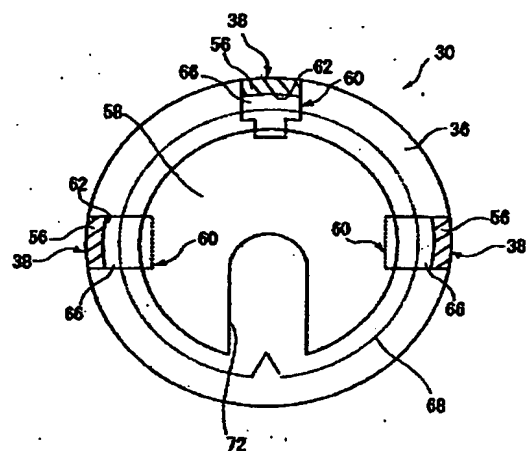
[Drawing 5]



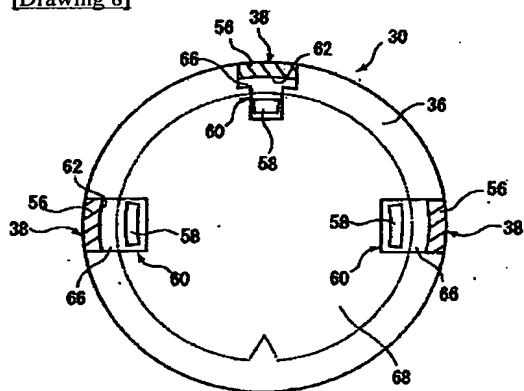
[Drawing 6]



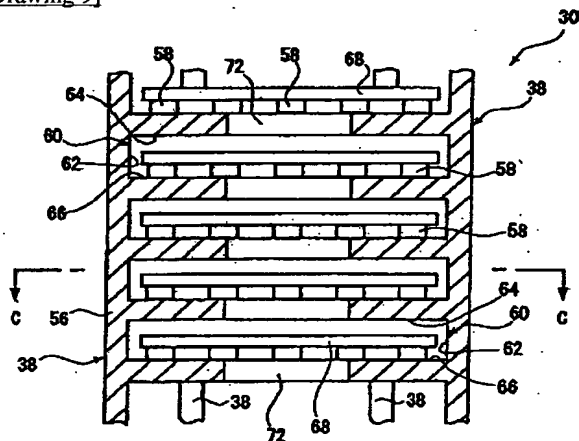
[Drawing 7]



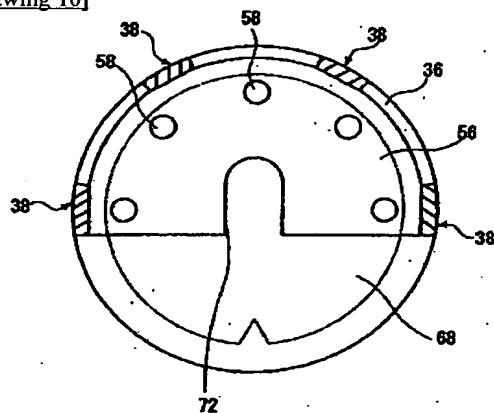
[Drawing 8]



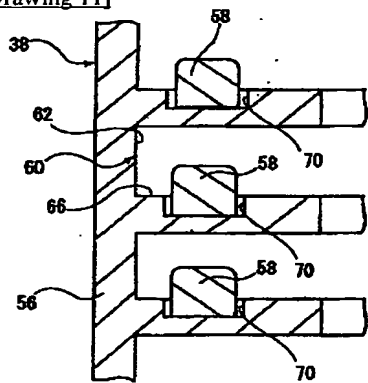
[Drawing 9]



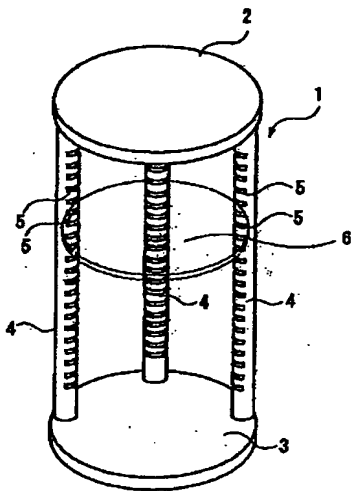
[Drawing 10]



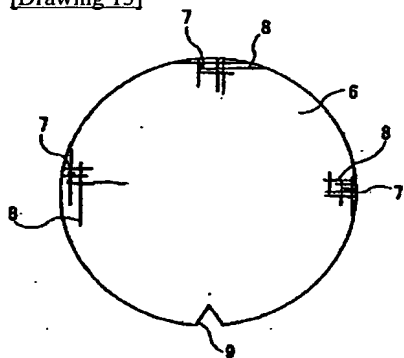
[Drawing 11]



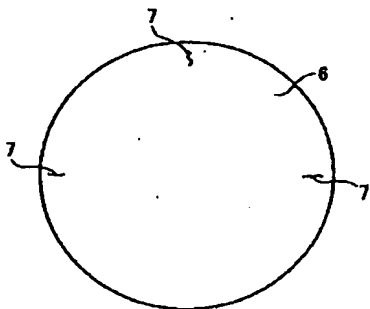
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-324106

(43)Date of publication of application : 14.11.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/324
H01L 21/22
H01L 21/31
H01L 21/68

(21)Application number : 2003-052863

(71)Applicant : HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC

(22)Date of filing : 28.02.2003

(72)Inventor : NAKAJIMA SADAOK
SHIMADA TOMOHARU
ISHIGURO KENICHI

(30)Priority

Priority number : 2002055574

Priority date : 01.03.2002

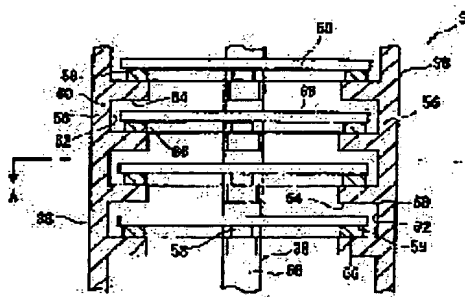
Priority country : JP

(54) HEAT-TREATMENT APPARATUS, MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD OF SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a heat-treatment apparatus, the manufacturing method of a semiconductor device, and the manufacturing method of a substrate wherein conventional problems are solved, and the generation of flaws of the substrate during heat treatment is reduced, and further, generations of the slip line and bend of the substrate are suppressed, thus manufacturing the high-quality semiconductor device or substrate.

SOLUTION: A substrate holder 30 has a plurality of pole braces 38. Each pole brace 38 comprises a body 56 and a contact 58 contacted with each substrate 68. Each substrate 68 comprises a silicon wafer or a quartz substrate. A constituent constituting the body 56 is silicon carbide, silicon, or quartz. A constituent constituting the contact is glass-like carbon, graphite, or a substance having hardness lower than that of the glass-like carbon whose surface is coated with the glass-like carbon, and the hardness of the contact is made lower than the substrate. Therefore, stress generated by the collision of the substrate 68 with the contact 58 is so relaxed as to make preventable the generation of the flaw of the substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-324106

(P2003-324106A)

(43) 公開日 平成15年11月14日 (2003. 11. 14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 21/324		H 0 1 L 21/324	Q 5 F 0 3 1
21/22	5 0 1	21/22	5 0 1 M 5 F 0 4 5
	5 1 1		5 1 1 G
21/31		21/31	E
21/68		21/68	N
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2003-52863(P2003-52863)

(22) 出願日 平成15年2月28日 (2003. 2. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2002-55574(P2002-55574)

(32) 優先日 平成14年3月1日 (2002. 3. 1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72) 発明者 中嶋 定夫

東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式
会社日立国際電気内

(72) 発明者 島田 智晴

東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式
会社日立国際電気内

(74) 代理人 110000039

特許業務法人アイ・ビー・エス

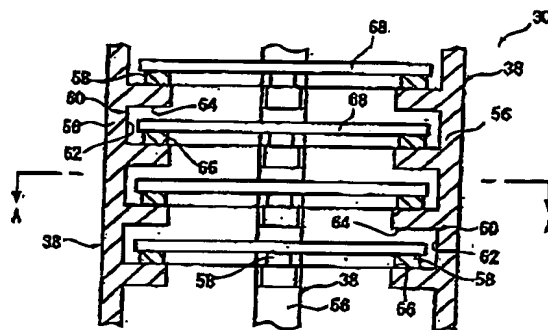
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理装置、半導体デバイスの製造方法及び基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 上述した従来の問題点を解消し、熱処理中に発生する基板の傷発生を少なくし、基板のスリップラインの発生を抑制し、基板の反りを抑制し、もって高品質な半導体デバイス又は基板を製造することができる熱処理装置、半導体デバイスの製造方法及び基板の製造方法を提供する。

【解決手段】 基板支持体30は、複数の支柱38を有する。この支柱38は、本体部56と、基板68に接触する接触部58とから構成されている。基板68は、シリコンウェハ又は石英基板からなる。本体部56を構成する構成物が炭化珪素、シリコン又は石英である。接触部を構成する構成物は、ガラス状炭素、黒鉛、又はガラス状炭素よりも硬度が小さい物質の表面をガラス状炭素により覆ったもののいずれかであり、基板の硬度より硬度が小さい。このため、基板68と接触部58との衝突による応力を緩和し、基板の傷発生を防止することができる。



(2)

特開平15-324106

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一枚又は複数枚の基板を基板支持体に支持した状態で熱処理する熱処理装置において、前記基板支持体は、本体部と、前記基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質であることを特徴とする熱処理装置。

【請求項2】 請求項1記載の熱処理装置において、前記接触部は、前記接触部表面の構成物よりも硬度が小さい物質の表面を前記支持部表面の構成物で覆ったものであることを特徴とする熱処理装置。

【請求項3】 処理室内に基板を搬入するステップと、本体部と、基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質である基板支持体に、一枚又は複数枚の基板を支持するステップと、処理室内で前記一枚又は複数枚の基板を前記基板支持体に支持した状態で熱処理するステップと、基板を前記処理室より搬出ステップと、を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項4】 処理室内に基板を搬入するステップと、本体部と、基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質である基板支持体に、一枚又は複数枚の基板を支持するステップと、処理室内で前記一枚又は複数枚の基板を前記基板支持体に支持した状態で熱処理するステップと、基板を前記処理室より搬出ステップと、を有することを特徴とする基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体ウェハやガラス基板等を熱処理するための熱処理装置、及び半導体ウェハやガラス基板等を熱処理する工程を有する半導体デバイスの製造方法及び基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば縦型熱処理炉を用いて、複数のシリコンウェハ又は石英基板を熱処理する場合、炭化珪素製又は石英製の基板支持体（ボート）が用いられている。

【0003】 図12において、上述した従来の基板支持体1が示されている。基板支持体1は、上部板2と下部板3との間に3本又は4本の支柱4が設けられ、この支柱4に溝状の支持部5が複数形成され、この支持部5にシリコンウェハ又は石英基板からなる基板6が支持されるようになっている。

【0004】 この場合、1000°C程度以上の温度で

熱処理すると、支持部5付近で、基板6に傷が発生するという問題があった。更に、シリコンウェハでは、スリップラインが発生し、シリコンウェハが反ってしまうという問題があった。このように傷あるいはスリップラインが発生すると、基板6の裏面の平坦度が劣化する。これらのため、LSI製造工程あるいはLCD製造工程における重要な工程の一つであるリソグラフィ工程で、マスク合わせずれ（焦点ずれ又は変形によるマスク合わせずれ）が生じ、所望パターンを有するLSI又はLCDの製造が困難であるという問題が発生していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 従来の問題の原因は次の通りと考えられる。600°C～700°Cに加熱した反応炉内へ、室温のシリコンウェハが複数枚配置された基板支持体を挿入すると、基板支持体に支持されたシリコンウェハには、それぞれシリコンウェハ内の周辺部と中心部とで温度差を生じる（例えば特開平5-6894号公報参照）。このためシリコンウェハが弾性変形する。この変形過程で、シリコンウェハは硬度が大きい炭化珪素製の基板支持体、あるいは同一程度の硬度を有する石英又はシリコン製の基板支持体の支持部5（図12参照）で衝突し、傷が発生する。単結晶シリコンの傷発生部においては、転位生成のための降伏応力が著しく低下する（結晶工学と評価技術第145委員会第68研究会（角野、p4）参照）。このため、その後の昇温過程あるいは高温の熱処理中に、この傷から転位が発生し、更にスリップラインが成長し、最終的にはシリコンウェハが反ってしまう。また、昇温過程においても傷は発生し、その後の熱処理により、同様の過程でシリコンウェハが反る原因になる。図13は、シリコンウェハに発生した傷7及びスリップライン8の一例を示す。なお、9はノッチを示す。

【0006】 また、同様に、600°C～700°Cに加熱した反応炉内へ、石英基板が複数枚配置された基板支持体を挿入すると、基板支持体に支持された石英基板には、それぞれシリコンウェハ内の周辺部と中心部とで温度差を生じ、このため石英基板が弾性変形する。このとき、石英基板は硬度が大きい炭化珪素製の基板支持体、あるいは同一程度の硬度を有する石英又はシリコン製の基板支持体の支持部で衝突し、傷が発生する。図14は、石英基板に発生した傷7の一例を示す。

【0007】 本発明は、上述した従来の問題点を解消し、熱処理中に発生する基板の傷発生を少なくし、基板のスリップラインの発生を抑制し、基板の反りを抑制し、もって高品質な半導体デバイス又は基板を製造することができる熱処理装置、半導体デバイスの製造方法及び基板の製造方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明者らは、従来の熱処理装置により発生する傷

(3)

特開平15-324106

について観察した。その結果、傷は、シリコンウェハ又は石英基板に限って発生し、炭化珪素製の基板支持体の支持部には、殆ど発生していないことを見出した。このことから、熱処理すべきシリコンウェハ又は石英基板の硬度に比べて、基板支持体の硬度が大きいことが、シリコンウェハまたは石英基板で傷が発生する要因ではないかと推定した。そこで、シリコンウェハ又は石英基板の硬度より小さい材料で、且つ、シリコンLSI製造工程あるいは石英LCD製造工程で汚染の原因となりにくい材料を、シリコンウェハ又は石英基板と基板支持体との間に配置すれば、シリコンウェハ又は石英基板には傷が発生しないと考え、評価を実施した。

【0009】硬度が小さい材料としては、ガラス状炭素、黒鉛、又はガラス状炭素よりも硬度が小さい物質（例えば黒鉛）の表面をガラス状炭素により覆ったものがある。これらの材料をシリコンウェハ又は石英基板と基板支持体との間に配置し、縦型熱処理装置で熱処理した結果、いずれの材料においても、シリコンウェハ及び石英基板には、傷が発生しないことを確認した。さらに、上記硬度の小さい材料から被熱処理体への重金属（鉄、銅）の汚染がないことを、予めこれらの材料とシリコンウェハを同時に熱処理（1200℃、1時間、アルゴン雰囲気）することで確認した。評価は全反射蛍光X線測定装置を用いて実施した。

【0010】本発明は、上述した仮説と実証に基づいてなされたものである。即ち、本発明の第1の特徴とするところは、一枚又は複数枚の基板を基板支持体に支持した状態で熱処理する熱処理装置において、前記基板支持体は、本体部と、前記基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質である熱処理装置にある。

【0011】前記接触部は、前記接触部表面の構成物よりも硬度が小さい物質の表面を前記支持部表面の構成物で覆ったものであることが好ましい。ここで、基板として、シリコンウェハ又は石英基板が用いられるとすれば、基板、本体部及び接触部を構成する材料の硬度関係は表1のようになる。

【0012】

【表1】

材料	ピッカース硬度(kgf/mm ²)
炭化珪素	約2500
シリコン	1000~1050
石英	950~1000
ガラス状炭素	400~500
黒鉛	200~250
表面をガラス状炭素で覆った黒鉛	約250

ここで、硬度はピッカース硬さであり、試験機については、JIS B7725により、測定方法については、JIS Z2244による。

【0013】このように、本発明においては、基板よりも硬度が小さい硬度を持つ材料を接触部の構成物としたので、基板と接触部との衝突による応力を緩和し、基板の傷発生を防止することができる。一方、本体部は、炭化珪素、シリコン又は石英から構成することができるので、高温化での強度を保つことができる。また、接触部を構成する構成物を、黒鉛表面をガラス状炭素で覆ったものを用いると、黒鉛から発生するパーティクルを防止し、ガラス状炭素単体を用いる場合よりコストが安く、また、ガラス状炭素単体で用いる場合より硬度が小さく、黒鉛に近い硬度を得ることができる。

【0014】なお、特開平6-5530号公報に開示されているように、基板支持体の表面全体を基板より硬度が小さい材料によりコーティングしたり、特開平10-209064号公報に開示されているように、基板支持体自体をガラス状炭素とするものと比較すると、本発明は、接触部のみを硬度が小さい材料から構成したので、安価に製造することができる利点を有する。

【0015】本発明の第2の特徴とするところは、処理室内に基板を搬入するステップと、本体部と、基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質である基板支持体に、一枚又は複数枚の基板を支持するステップと、処理室内で前記一枚又は複数枚の基板を前記基板支持体に支持した状態で熱処理するステップと、基板を前記処理室より搬出ステップと、を有する半導体デバイスの製造方法にある。

【0016】本発明は、基板の製造方法にも適用することができる。即ち、本発明の第3の特徴とするところは、処理室内に基板を搬入するステップと、本体部と、基板と接触する接触部とを有し、前記接触部の少なくとも表面を構成する構成物がガラス状炭素又は黒鉛のいずれかであって、前記接触部表面は前記本体部表面とは異なる材質である基板支持体に、一枚又は複数枚の基板を支持するステップと、処理室内で前記一枚又は複数枚の

(4)

特開平15-324106

基板を前記基板支持体に支持した状態で熱処理するステップと、基板を前記処理室より搬出ステップと、を有する基板の製造方法にある。

【0017】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1には、本発明の実施形態に係る熱処理装置10が示されている。この熱処理装置10は、例えば縦型であり、主要部が配置された筐体12を有する。この筐体12には、ポッドステージ14が接続されており、このポッドステージ14にポッド16が搬送される。ポッド16は、例えば2.5枚の基板が収納され、図示しない蓋が閉じられた状態でポッドステージ14にセットされる。

【0018】筐体12内において、ポッドステージ14に対向する位置には、ポッド搬送装置18が配置されている。また、このポッド搬送装置18の近傍には、ポッド棚20、ポッドオープンナ22及び基板枚数検知器24が配置されている。ポッド搬送装置18は、ポッドステージ14とポッド棚20とポッドオープンナ22との間でポッド16を搬送する。ポッドオープンナ22は、ポッド16の蓋を開けるものであり、この蓋が開けられたポッド16内の基板枚数が基板枚数検知器24により検知される。

【0019】さらに、筐体12内には、基板移載機26、ノッチアライナ28及び基板支持体30（ポート）が配置されている。基板移載機26は、例えば5枚の基板を取り出すことができるアーム32を有し、このアーム32を動かすことにより、ポッドオープンナ22の位置に置かれたポッド、ノッチアライナ28及び基板支持体30間で基板を搬送する。ノッチアライナ28は、基板に形成されたノッチまたはオリフラを検出して基板のノッチまたはオリフラを一定の位置に揃えるものである。基板支持体30は、上部板34及び下部板36を有し、この上部板34と下部板36との間を例えば3本の支柱38により接続されて構成されており、この支柱38に例えば7.5枚の基板が支持され、後述する反応炉40に投入されるようになっている。なお、支柱38は、3本に限らず、基板を支持できれば何本であってもよい。

【0020】図2において、反応炉40が示されている。この反応炉40は、反応管42を有し、この反応管42内に基板支持体30が挿入される。反応管42の下方は、基板支持体30を挿入するために開放され、この開放部分はシールキャップ44により密閉されるようにしてある。また、反応管42の周囲は、均熱管46により覆われ、さらに均熱管46の周囲にヒータ48が配置されている。熱電対50は、反応管42と均熱管46との間に配置され、反応炉40内の温度をモニタできるようにしてある。そして、反応管42には、処理ガスを導入する導入管52と、処理ガスを排気する排気管54とが接続されている。

【0021】次に上述したように構成された熱処理装置10の作用について説明する。まず、ポッドステージ14に複数枚の基板を収容したポッド16がセットされると、ポッド搬送装置18によりポッド16をポッドステージ14からポッド棚20へ搬送し、このポッド棚20にストックする。次に、ポッド搬送装置18により、このポッド棚20にストックされたポッド16をポッドオープンナ22に搬送してセットし、このポッドオープンナ22によりポッド16の蓋を開き、基板枚数検知器24によりポッド16に収容されている基板の枚数を検知する。

【0022】次に、基板移載機26により、ポッドオープンナ22の位置にあるポッド16から基板を取り出し、ノッチアライナ28に移載する。このノッチアライナ28においては、基板を回転させながら、ノッチを検出し、検出した情報に基づいて複数の基板を同じ位置に整列させる。次に、基板移載機26により、ノッチアライナ28から基板を取り出し、基板支持体30に移載する。

【0023】このようにして、1バッチ分の基板を基板支持体30に移載すると、例えば700°C程度の温度に設定された反応炉40内に複数枚の基板を装填した基板支持体30を装入し、シールキャップ44により反応管42内を密閉する。次に、炉内温度を熱処理温度まで昇温させて、導入管52から処理ガスを導入する。処理ガスには、窒素、アルゴン、水素、酸素等が含まれる。基板を熱処理する際、基板は例えば1000°C程度以上の温度に加熱される。なお、この間、熱電対50により反応管42内の温度をモニタしながら、予め設定された昇温、熱処理プログラムに従って基板の熱処理を実施する。

【0024】基板の熱処理が終了すると、例えば炉内温度を700°C程度の温度に降温した後、基板支持体30を反応炉40からアンロードし、基板支持体30に支持された全ての基板が冷えるまで、基板支持体30を所定位置で待機させる。なお、炉内温度降温の際も、熱電対50により反応管42内の温度をモニタしながら、予め設定された降温プログラムに従って降温を実施する。次に、待機させた基板支持体30の基板が所定温度まで冷却されると、基板移載機26により、基板支持体30から基板を取り出し、ポッドオープンナ22にセットされている空のポッド16に搬送して収容する。次に、ポッド搬送装置18により、基板が収容されたポッド16をポッド棚20に搬送し、さらにポッドステージ14に搬送して完了する。

【0025】次に上記基板支持体について詳述する。図3乃至図5において、基板支持体30の第一例が示されている。基板支持体30は、前述したように、例えば3本の支柱38を有している。これら支柱38は、本体部56と、基板を支持するとともに基板と接触する接触部

(5)

特開平15-324106

58とから構成されている。本体部56を構成する構成物は、炭化珪素、シリコン又は石英である。この本体部56には、支持部60が支柱38の長手方向内側に連続して形成されている。支持部60は溝から構成され、奥壁62、上壁64及び下壁66を有し、この支持部60に基板68が挿入自在に配置されるようになっている。ただし、支持部60の断面形状は、4角形に限られるものではなく、他の多角形や円あるいは楕円の一部であってもよい。

【0026】さらに、図5に示すように、支持部60の下壁66には、接触部58を載置するための載置溝70が形成されている。この載置溝70の幅は、後述する接触部58の幅よりも大きく形成され、載置溝70と接触部58との間でスペースが設けられるようになっている。この載置溝70に接触部58が、接着剤等を介することなく、載せられており、幅方向にスペース的な余裕があることと相まって容易に接触部58を取り替えられるようにしてある。

【0027】接触部58は、本体部56及び本体部表面とは異なる材質であって、前記基板の硬度より硬度が小さい材質であり、この接触部58を構成する構成物は、例えばガラス状炭素、黒鉛、又はガラス状炭素よりも硬度が小さい物質の表面をガラス状炭素により覆ったものである。ガラス状炭素よりも硬度が小さい物質には黒鉛が含まれる。この接触部58は、前述した載置溝70に挿入されるように成形されていると共に、この接触部58の上方端部の角が丸められており、基板68がこの接触部58に載せられた場合に、接触による基板68の傷発生を防止するようにしてある。

【0028】図6乃至図8において、基板支持体30に関する第二例が示されている。この第二例においては、接触部58は馬蹄形に形成され、3本の支柱38全体で支持されている。図8に示すように、支持部60の端部には、載置溝70が形成され、この載置溝70に接触部58の周縁が載置されている。前述した第一例と同様に、接触部58の周縁上部角部は丸みが付けられている。なお、接触部58は馬蹄形となっていて、挿入溝72が形成されているのは、この挿入溝72に前述した基板移載機のアーム先端に設けられるツィーザを挿入するためである。なお、第一例と同一部分については、図面に同一番号を付して説明を省略する。

【0029】図9乃至図11において、基板支持体30に関する第三例が示されている。この第三例においては、支柱38は4本あり、これら4本の支柱38を接続するように、支持部60が形成されている。この支持部60は、下壁66が馬蹄形に形成され、この下壁66に例えば5つの円形の載置溝70が所定間隔を隔てて形成されている。図11に示すように、この載置溝70に円柱状の接触部58が載置されている。前述した第一例及び第二例と同様に、接触部58の周縁上部角部は丸みが

付けられている。なお、支持部60は馬蹄形となっていて、挿入溝72が形成されているのは、この挿入溝72に前述した基板移載機のアーム先端に設けられるツィーザを挿入するためである。なお、第一例及び第二例と同一部分については、図面に同一番号を付して説明を省略する。

【0030】

【実施例】次に実施例及び比較例について説明する。実施例1乃至3は、前述した第一例の基板支持体を用い、本体部の構成物が炭化珪素からなり、接触部の構成物がガラス状炭素からなる。

【0031】

【実施例1】直径300mmのシリコンウェハを1回の処理につき75枚を基板支持体に支持し、雰囲気ガスとして100%アルゴンを使用し、反応炉へ100mm/分の挿入速度で挿入した。基板支持体を挿入するときの管内温度は700°Cとした。その後、700°Cから1200°Cまで昇温を行った。なお、700°Cから1000°Cまでは16°C/分の昇温速度で、1000°Cから1200°Cまでは1.5°C/分の昇温速度で昇温した。そして、1200°Cで1時間保持し、その後、1200°Cから700°Cまで降温を行った。なお、1200°Cから1000°Cまでを1.5°C/分の降温速度で、1000°Cから700°Cまでを15°C/分の降温速度で降温した。2段階で昇温、降温するのは（高温での昇温速度、降温速度を小さくするのは）、高温で急激に温度を変化させると、基板面内で均一に温度が変化せず、スリップ発生の原因となるためである。基板支持体を反応炉から取り出す時の温度は700°Cであり、100mm/分の速度で基板支持体を取り出した。その後、光学微分顕微鏡で観察した結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生もなかった。また、反り計でシリコンウェハの反りを測定した結果、反り量は10μm以下であり、反り量を10μm以下とした熱処理前と変化は見られなかった。反りの測定は、一般的に実施されているように、レーザ光の光軸に対して垂直にシリコンウェハを立て、レーザ光を走査し、シリコンウェハから反射した光から算出した。N数は10枚である。

【0032】

【実施例2】反応炉での保持温度を1080°Cとして、実施例1と同様の実験を実施した。即ち、昇温時の雰囲気ガスは、99.5%のアルゴンと0.5%の酸素との混合ガスであり、700°Cから1000°Cまでは16°C/分の昇温速度で、1000°Cから1080°Cまでは1.5°C/分の昇温速度で昇温し、雰囲気ガスを100%アルゴンとして1080°Cで1時間保持し、雰囲気ガスを100%アルゴンのままで、1080°Cから1000°Cまでを1.5°C/分の降温速度で、1000°Cから700°Cまでを15°C/

(6)

特開平15-324106

分の降温速度で降温し、その他の条件は実施例1と同じとした。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0033】

【実施例3】反応炉での保持温度を1000°Cとして、実施例1及び実施例2と同様の実験を実施した。即ち、昇温時の雰囲気ガスは、99.5%のアルゴンと0.5%の酸素との混合ガスであり、700°Cから1000°Cまでは16°C/分の昇温速度で昇温し、雰囲気ガスを100%アルゴンとして1000°Cで2時間保持し、雰囲気ガスを100%アルゴンのままで、1000°Cから700°Cまで15°C/分の高温速度で降温し、その他の条件は実施例1と同じとした。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0034】次の実施例4乃至6は、前述した第一例の基板支持体を用い、本体部の主たる構成物が炭化珪素からなり、接触部の主たる構成物は、表面がガラス状炭素で覆われた黒鉛である。

【0035】

【実施例4】実施例1と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0036】

【実施例5】雰囲気ガスを100%アルゴンとした他は実施例2と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0037】

【実施例6】雰囲気ガスを100%アルゴンとした他は実施例3と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0038】次の実施例7乃至9は、前述した第二例の基板支持体を用い、本体部の構成物が炭化珪素からなり、接触部の主たる構成物が黒鉛からなる。

【0039】

【実施例7】実施例1と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0040】

【実施例8】実施例5と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0041】

【実施例9】雰囲気ガスを100%窒素とした他は実施例3と同一の熱処理を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0042】

【実施例10】前述した第二例の基板支持体を用い、本体部の主たる構成物をシリコンに変更し、実施例1乃至9と同一の実験を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0043】

【実施例11】前述した第三例の基板支持体を用い、本体部の構成物を石英に変更し、実施例2、3、5、6、8及び9と同一の実験を実施した。その結果、シリコンウェハには傷の発生はなく、スリップラインの発生及び反り量の増大も見られなかった。

【0044】

【実施例12】前述した第一例の基板支持体を用い、本体部の構成物が炭化珪素からなり、接触部の構成物をガラス状炭素、表面をガラス状炭素で覆った黒鉛及び黒鉛にそれぞれ変えて、実施例2、3、5、6、8及び9と同一の実験を石英基板に対して熱処理を実施した。石英基板は、直径300mm、厚さ1.0mmのものを用いた。光学微分顕微鏡で観察した結果、石英基板には傷の発生は見られなかった。

【0045】

【実施例13】実施例12に対し、本体部の構成物をシリコンに変更し、実施例12と同一の実験を実施した。その結果、石英基板には傷の発生は見られなかった。

【0046】

【実施例13】実施例12に対し、本体部の主構成物を石英に変更し、実施例12と同一の実験を実施した。その結果、石英基板には傷の発生は見られなかった。

【0047】

【比較例1】図12で示した従来の基板支持体を用い、炭化珪素製の基板支持体に直接シリコンウェハを支持し、実施例1と同一の実験を実施した。シリコンウェハの裏面においては、支持部に対応する部分3箇所に大きさ50~300μm、深さ約5μm、高さ約10μmの傷が発生した。それらの傷からは、約4~30mmの長さのスリップラインが多数本発生した(図13)。そのシリコンウェハは、熱処理前の反り量が10μm以下に対し、熱処理後は約60~90μmの反りがあった。N数は10枚である。

【0048】

【比較例2】図12で示した従来の基板支持体を用い、シリコン製の基板支持体に直接シリコンウェハを支持し、実施例2と同一の実験を実施した。シリコンウェハの裏面においては、支持部に対応する部分3箇所に大きさ20~100μmの傷が発生した。それらの傷からは、約2~30mmの長さのスリップラインが多数本発生した。そのシリコンウェハは、熱処理前の反り量が10μm以下に対し、熱処理後は約60~80μmの反りがあった。

(7)

特開平15-324106

【0049】

【比較例3】図12で示した従来の基板支持体を用い、石英製の基板支持体に直接石英基板を支持し、実施例3と同一の実験を実施した。石英基板は、直径300mm、厚さ1.0mmのものを用いた。石英基板の裏面においては、支持部に対応する部分3箇所に大きさ100～200 μ mの傷が発生した（図14）。このときの傷の最大高さは、約20 μ mであった。

【0050】なお、前記実施例においては、シリコンウエハ又は石英基板として、直径300mmのものを用いたが、直径が小さい例えば200mmの場合にも有効である。また、直径が大きい例えば400mm或いは四角形の石英又はガラス基板に対しても有効である。また、上記比較例においては、基板支持体と基板との材料の組み合わせとして、シリコン製の基板支持体と石英基板、あるいは石英製の基板支持体とシリコンウエハについては述べていないが、シリコンの硬度と石英の硬度とは同程度であるため、傷が発生するものと考えられる。

【0051】本発明の熱処理装置は、基板の製造工程にも適用することができる。

【0052】SOI (Silicon On Insulator) ウエハの一種であるSIMOX (Separation by Implanted Oxygen) ウエハの製造工程の一工程に本発明の熱処理装置を適用する例について説明する。

【0053】まずイオン注入装置等により単結晶シリコンウエハ内へ酸素イオンをイオン注入する。その後、酸素イオンが注入されたウエハを上記実施形態の熱処理装置を用いて、例えばAr、O₂雰囲気のもと、1300～1400°C、例えば1350°C以上の高温でアニールする。これらの処理により、ウエハ内部にSiO₂層が形成された（SiO₂層が埋め込まれた）SIMOXウエハが作製される。

【0054】また、SIMOXウエハの他、水素アニールウエハの製造工程の一工程に本発明の熱処理装置を適用することも可能である。この場合、ウエハを本発明の熱処理装置を用いて、水素雰囲気中で1200°C程度以上の高温でアニールすることとなる。これによりIC（集積回路）が作られるウエハ表面層の結晶欠陥を低減することができ、結晶の完全性を高めることができる。

【0055】また、この他、エピタキシャルウエハの製造工程の一工程に本発明の熱処理装置を適用することも可能である。

【0056】以上のような基板の製造工程の一工程として行う高温アニール処理を行う場合であっても、本発明の熱処理装置を用いることにより、基板のスリップの発生を防止することができる。

【0057】本発明の熱処理装置は、半導体装置の製造工程にも適用することも可能である。特に、比較的高い温度で行う熱処理工程、例えば、ウェット酸化、ドライ酸化、水素熱酸化（バイロジェニック酸化）、HCl

酸化等の熱酸化工程や、硼素（B）、リン（P）、砒素（As）、アンチモン（Sb）等の不純物（ドーパント）を半導体薄膜に拡散する熱拡散工程等に適用するのが好ましい。このような半導体デバイスの製造工程の一工程としての熱処理工程を行う場合においても、本発明の熱処理装置を用いることにより、スリップの発生を防止することができる。

【0058】以上のように、本発明は、特許請求の範囲に記載した事項を特徴とするが、さらに次のような実施形態が含まれる。

（1）請求項1記載の熱処理装置において、前記接触部は、ガラス状炭素よりも硬度が小さい物質の表面をガラス状炭素で覆ったものであることを特徴とする熱処理装置。

（2）請求項1記載の熱処理装置において、前記接触部は、黒鉛表面をガラス状炭素で覆ったものであることを特徴とする熱処理装置。

（3）請求項1記載の熱処理装置において、前記本体部の構成物は炭化珪素、シリコン又は石英であることを特徴とする熱処理装置。

（4）請求項1記載の熱処理装置において、前記接触部は本体部から取り外し自在に設けられていることを特徴とする熱処理装置。

（5）請求項1記載の熱処理装置において、前記基板支持体は、複数枚の基板を略水平状態で隙間をもって複数段に支持するよう構成されてなることを特徴とする熱処理装置。

（6）請求項1記載の熱処理装置において、熱処理は1000°C以上の温度で行うことを特徴とする熱処理装置。

（7）請求項1記載の熱処理装置において、熱処理は1350°C以上の温度で行うことを特徴とする熱処理装置。

【0059】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、熱処理中に発生するシリコンウエハ又は石英等の基板の傷発生を少なくし、基板のスリップラインの発生を抑制し、基板の反りを抑制し、もって高品質な半導体デバイス又は基板を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る熱処理装置を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた反応炉を示す断面図である。

【図3】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第一例を示す断面図である。

【図4】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第一例を示し、図3のA-A線断面図である。

【図5】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基

(8)

特開平15-324106

板支持体の第一例を示す拡大した断面図である。

【図6】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第二例を示す断面図である。

【図7】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第二例を示し、図6のB-B線断面図である。

【図8】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第二例を示す拡大した断面図である。

【図9】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第三例を示す断面図である。

【図10】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた基板支持体の第三例を示し、図9のC-C線断面図である。

【図11】本発明の実施形態に係る熱処理装置に用いた

基板支持体の第三例を示す拡大した断面図である。

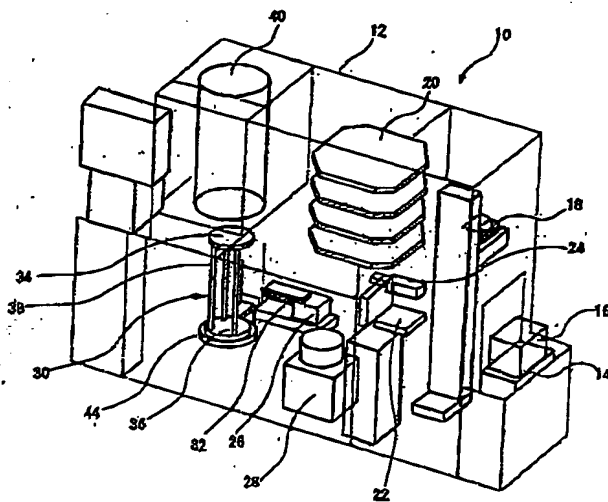
【図12】従来の基板支持体を示す斜視図である。

【図13】従来の熱処理装置で処理したシリコンウェハを示す平面図である。

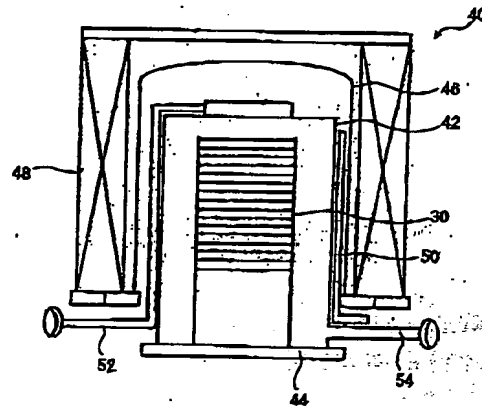
【図14】従来の熱処理装置で処理した石英基板を示す平面図である。

- 10 熱処理装置
- 30 基板支持体
- 38 支柱
- 56 本体部
- 58 接触部
- 60 支持部
- 68 基板

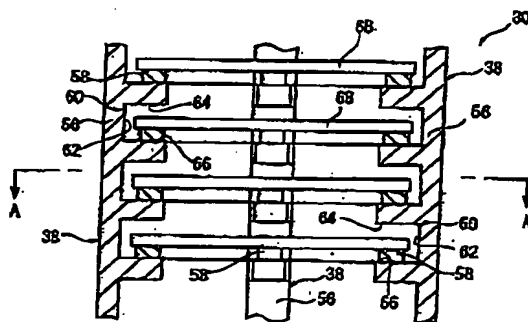
【図1】



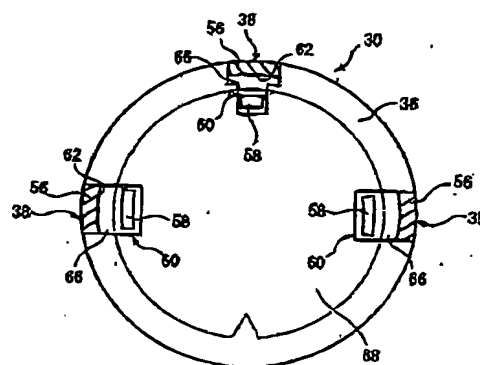
【図2】



【図3】



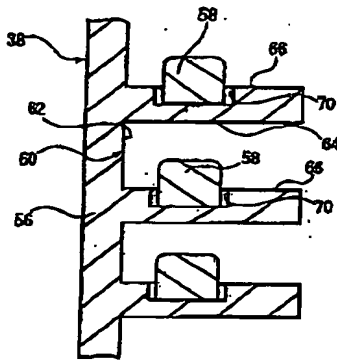
【図4】



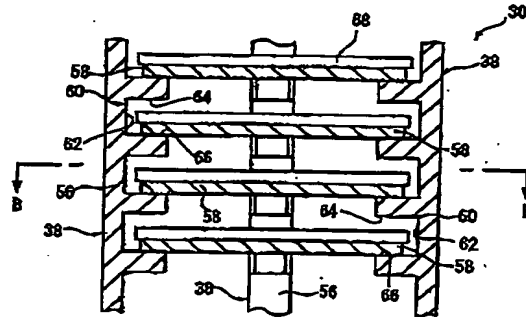
(9)

特開平15-324106

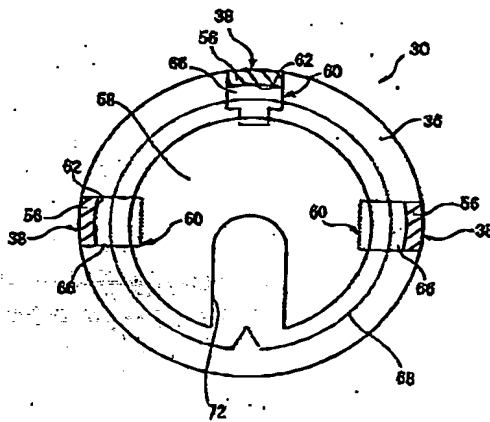
【図5】



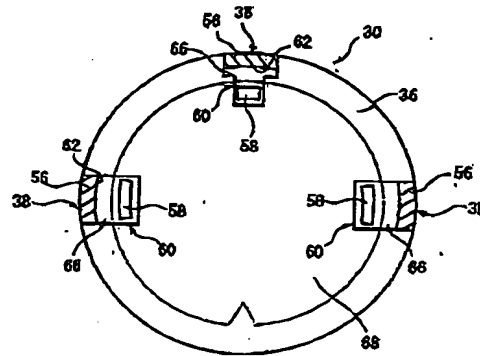
【図6】



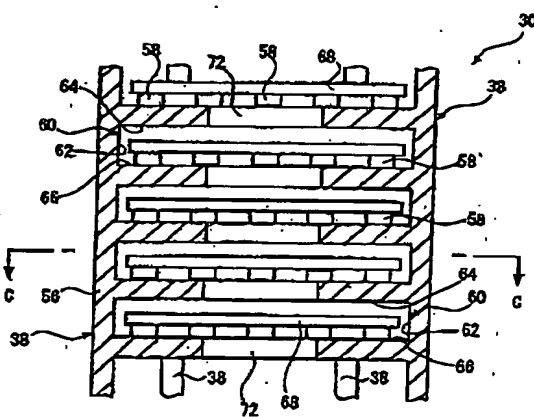
【図7】



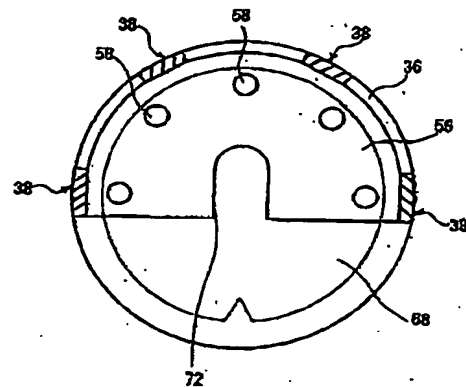
【図8】



【図9】



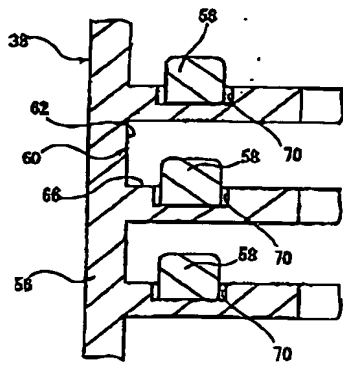
【図10】



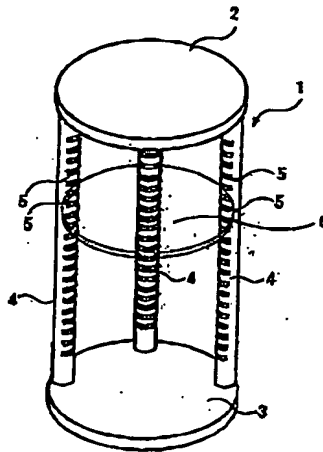
(10)

特開平15-324106

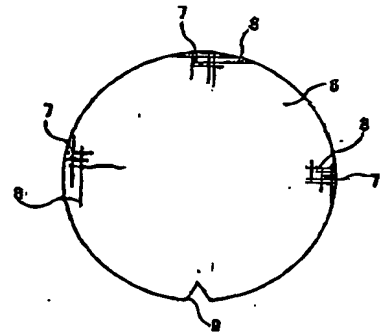
【図11】



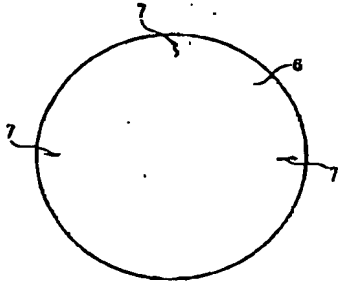
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72) 発明者 石黒 謙一
 東京都中野区東中野三丁目14番20号 株式
 会社日立国際電気内

Fターム(参考) 5F031 CA02 CA05 HA02 HA08 HA10
 HA37 HA42 HA62 NA07 PA11
 5F045 AA20 AB32 AC11 AC16 AD14
 AD15 AD16 AD17 BB13 DP19
 DQ05 EM06 EM09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.